ポピュラーなパーツで高音質を実現!

2次調波打ち消し回路を搭載し現代に甦る

シリーズ・第15回

TUNG-SOL・42に変更

「42」オルソン・モノ・パワー・アンプの試作③

佐藤定宏★さとうさだひろ

前回このオルソン型アンプについて述べた中に，Tung-SOL 社製の42に触れました，米国には真空管工業が現在のように峠を越してしまうまでは，幾多のメーカーがしのぎをけずっていた訳ですが，本邦では一般には主として民生用として生産されたものが数多く市場にあったため，RCA とか GE のタマがよく知られていました．しかしまた知られているように，業務用あるいは軍用を主に製造していたメーカーもいくつかあり，Western Electric 社などは近来非常に国内でも有名になってきています．

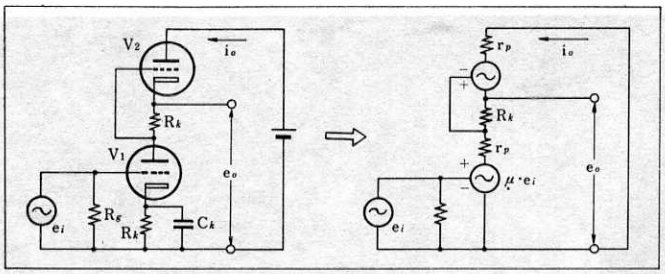
ここにあげた **Tung-SOL** 社や **RAYTHEON** 社等も非常に高品位なタマを製造していたところで，日本の市場ではなかなか見掛けないブランドですが，この Tung-SOL 社は，有名な**5881**と称する**6L6G**の改良管を造ったことで知られています．この社の**5881**は，一般の**6L6**や**6L6G**に比べ非常に安定で長寿命なタマで，筆者の愛用するタマの1つでもあって，亡くなった永田秀一氏も大変このタマについて高い評価をしていました(注1)．

この Tung-SOL 社の製造した**42**を偶然2ダース程入手し得る好運に昨年恵まれたのですが，この**42**は軍用の箱では無く，民生用の化粧箱に入っていましたから，Tung-SOL 社は民生用のタマも相当作っていたものと思われます．

このタマを良く見ると，一般の**42**とは大分異なっていて，まずプレートの形が一般の**42**が円筒形であるのに対し，楕円形の筒をしていること，次にヒータがいわゆるヘア・ピン形でなく，ヘリカル・ヒータであることです．

ヒータをヘリカル巻にすることによってヘア・ピン形のものに比べると，ハム・ノイズが激減するといわれています．そのうえ，カソードの加熱が均一になって，カソード・エミッションがカソードのどこの面でもそろうといわれています．いろいろな出力管について内外のものを見ていますが，ヒータをヘリカル巻きにしたものは実はまだ見たことが無かったので，この Tung-SOL の**42**にお目に掛ったときに，この面で非常な興味を覚えた次第です．

無帰還のアンプに起用するタマは，いずれにせよ各段で発生するノイズやヒータ・ハムは出来るだけ小さいことを要しますから，アンプ全体の雑音は



SRPPをよくこの回路で使用する例を見るが，この回路の場合，入力eiが加わったとき，回路に流れる電流ioはキルヒホッフの法則によって，

$\mu \cdot e_i - \mu \cdot i_o \cdot R_k - i_o (R_k + 2r_p) = 0$

$\mu \cdot e_i - i_o \cdot \mu \cdot R_k - i_o (R_k + 2r_p) = 0$

したがって，ioに注目すれば

$i_o (\mu \cdot R_k + R_k + 2r_p) = \mu \cdot e_i$

よって

$$i_o = \frac{\mu \cdot e_i}{\mu \cdot R_k + R_k + 2r_p} = \frac{\mu \cdot e_i}{(\mu+1)R_k + 2r_p} \quad \cdots\cdots (19)$$

このときの出力電圧eoは

$$e_o = -i_o (r_p + \mu \cdot R_k) = \frac{-\mu \cdot e_i (r_p + \mu \cdot R_k)}{(\mu+1)R_k + 2r_p} \quad \cdots\cdots (20)$$

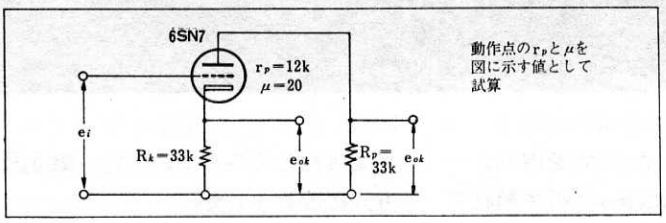
したがって増幅度Aは

$$A = \frac{e_o}{e_i} = \frac{-\mu (r_p + \mu \cdot R_k)}{(\mu+1)R_k + 2r_p} /\!/ \quad \cdots\cdots (21)$$

とちょっと複雑な形になるが，これも実回路の実験の結果とよく一致する．

ただし，この回路のSRPPとしての形が上下対称とはいえないため，Push-Pullの平衡動作にバランスを欠き，ミラー効果を完全に無視することができなくなる．

＜第６図＞　出力を上側のカソードから取り出す場合



動作点のrpとμを図に示す値として試算

式(13)より

$Z_{op} = r_p + (\mu+1)R_K = 12 + (20+1) \cdot 33 = 705 k\Omega$

式(14)より

$$Z_{ok} = \frac{R_p + r_p}{\mu+1} = \frac{33+12}{20+1} = 2.14 k\Omega$$

したがって，プレート側出力インピーダンスZopとカソード側出力インピーダンスZokの比は，

$$\frac{Z_{op}}{Z_{ok}} = \frac{705}{2.14} \fallingdotseq 329$$

以上で明らかなように，出力インピーダンスはプレート側がカソード側の329倍もあることが判る．

（２）　カソード抵抗をバイパスしない，いわゆるカソード・フィードバックを行う場合

（３）　P-K 方式の位相反転回路

（４）　カソード・ホロワ増幅回路

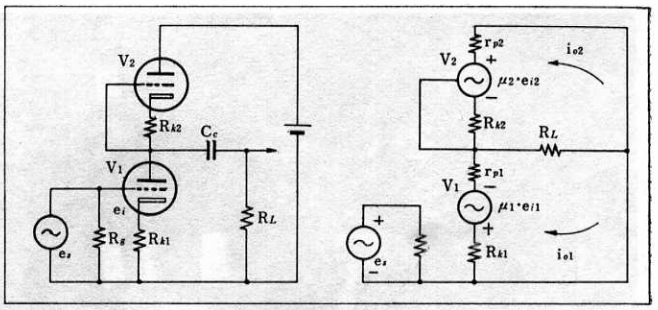
のいずれの場合についても，まったく共通の解析ができることがお判かりになることと思います．

SRPPの動作解析

以上の解析の過程でお判りになったように，前々回の説明の中で，オルソン・アンプの原回路では位相反転回路に P-K 分割方式を採用してあるが，この方式はプレート側とカソード側の出力インピーダンスが異なるため，高

⬆　＜第８図＞
6SN7をP-K位相反転回路に使用したときのインピーダンス

＜第７図＞ ➡
SRPP 回路においてこの図のように負荷抵抗を付けると考えて解析することが実際的といえよう．



上の回路で，一般的には真空管V1とV2は同じものを使用するから

$V_1 = V_2$

したがって

$\mu_1 = \mu_2 = \mu$

$r_{p1} = r_{p2} = r_p$

また，カソード抵抗も等しい値のものを使用するとして

$R_{k1} + R_{k2} = R_k$

とする．

キルヒホッフの法則によって，V1およびV2の両回路についてそれぞれ

$\mu \cdot e_{i1} - (i_{o1} + i_{o2}) R_L - i_{o1} (r_p + R_k) = 0 \quad \cdots\cdots (22)$

$\mu \cdot e_{i2} - (i_{o1} + i_{o2}) R_L - i_{o2} (r_p + R_k) = 0 \quad \cdots\cdots (23)$

式(22)と式(23)を加えると

$2 (i_{o1} + i_{o2}) R_L + i_{o1} (r_p + R_k) + i_{o2} (r_p + R_k) - \mu \cdot e_{i1} - \mu \cdot e_{i2} = 0$

したがって

$$(i_{o1} + i_{o2}) R_L = \frac{1}{2} \{\mu \cdot e_{i1} + \mu \cdot e_{i2} - i_{o1} (r_p + R_k) - i_{o2} (r_p + R_k)\} = 0 \quad \cdots\cdots (2$$

ここで

$$\left.\begin{aligned} e_{i1} &= e_s - i_{o1} \cdot R_k \\ e_{i2} &= -i_{o2} \cdot R_k \end{aligned}\right\} \quad \cdots\cdots (25)$$

これを式(24)に代入すると

$$(i_{o1} + i_{o2}) R_L = \frac{1}{2} \{\mu \cdot e_s - i_{o1} \cdot \mu \cdot R_k + i_{o2} \cdot \mu \cdot R_k - i_{o1} (r_p + R_k) - i_{o2} (r_p + R_k)\}$$

$$= \mu \cdot e_s - i_{o1} \{(\mu+1)R_k + r_p\} - i_{o2} \{(\mu+1)R_k + r_p\} \quad \cdots\cdots (26)$$

式(22)を変形，$e_{i1} = e_s - i_o \cdot R_k$ ……(25)を代入

$\mu (e_s - i_{o1} \cdot R_k) - (i_{o1} + i_{o2}) R_L - i_{o1} (r_p + R_k) = 0$

$\mu \cdot e_s - i_{o1} \cdot \mu \cdot R_k - i_{o1} \cdot R_L - i_{o2} \cdot R_L - i_{o1} \cdot r_p - i_{o1} \cdot R_k = 0$

$\mu \cdot e_s - i_{o1} \{(\mu+1)R_k + r_p + R_L\} = i_{o2} \cdot R_L \quad \cdots\cdots (27)$

式(23)を変形，$e_{i2} = -i_{o2} \cdot R_k$ ……(25)を代入

$-\mu \cdot i_{o2} \cdot R_k - i_o \cdot R_L - i_{o2} \cdot R_L - i_{o2} \cdot r_p - i_{o2} \cdot R_k = 0$

$-i_{o2} \{(\mu+1)R_k + r_p + R_L\} = i_{o1} \cdot R_L \quad \cdots\cdots (28)$

$$i_{o1} = \frac{-\{(\mu+1)R_k + r_p + R_L\}}{R_L} i_{o2} \quad \cdots\cdots (29)$$

式(29)を式(27)に代入

$$\mu \cdot e_s + \frac{\{(\mu+1)R_k + r_p + R_L\} \{(\mu+1)R_k + r_p + R_L\}}{R_L} i_{o2} = i_{o2} \cdot R_L$$

ここで $\{(\mu+1)R_k + r_p + R_L\} = R$ とおく

$$\mu \cdot e_s + \frac{R^2}{R_L} i_{o2} = i_{o2} \cdot R_L$$

$$\mu \cdot e_s = \left(R_L - \frac{R^2}{R_L}\right) i_{o2}$$

$$= \frac{R_L^2 - R^2}{R_L} i_{o2}$$

よって

$$i_{o2} = e_s \frac{\mu \cdot R_L}{R_L^2 - R^2} \quad \cdots\cdots (30)$$

同じ手法で式(29)より

$$i_{o1} = \frac{-R}{R_L} i_{o2} = \frac{-R}{R_L} \cdot \frac{\mu \cdot R_L}{R_L^2 - R^2} e_s$$

$$= e_s \frac{-\mu \cdot R}{R_L^2 - R^2} \quad \cdots\cdots (31)$$

式(30)および(31)から

$$e_o = (i_{o1} + i_{o2}) R_L$$

$$= \left\{ e_s \left(\frac{-\mu \cdot R}{R_L^2 - R^2} + \frac{\mu \cdot R_L}{R_L^2 - R^2} \right) \right\} R_L$$

$$= e_s \cdot \frac{R_L - R}{(R_L + R)(R_L - R_1)} \cdot R_L$$

$$= e_s \cdot \mu \frac{R_L}{R_L + R} \quad \cdots\cdots (32)$$

Rを元に戻して

$$e_o = \frac{e_s \cdot \mu \cdot R_L}{R_L + \{(\mu+1)R_k + r_p + R_L\}}$$

$$= \frac{\mu \cdot e_s \cdot R_L}{2R_L + (\mu+1)R_k + r_p} \quad \cdots\cdots (33)$$

よってSRPPの増幅度Aは

$$A = \frac{e_o}{e_s} = \frac{-\mu \cdot R_L}{2R_L + (\mu+1)R_k + r_p} \quad \cdots\cdots (34)$$

出力インピーダンスZoは

式(31)で $R_L = \infty$

$$\lim_{R_L \to \infty} |e_o| = \frac{\mu \cdot e_s}{2} \quad \cdots\cdots (35)$$

また $\lim_{R_L \to 0} |i_{o1} + i_{o2}| = \left| e_s \left(\frac{-\mu \cdot R}{R_L^2 - R^2} + \frac{\mu \cdot R_L}{R_L^2 - R^2} \right) \right|$

$$= e_s \frac{\mu}{R_L + R} = e_s \frac{\mu}{2R_L + (\mu+1)R_k + r_p}$$

$$= e_s \frac{\mu}{(\mu+1)R_k + r_p} \quad \cdots\cdots (36)$$

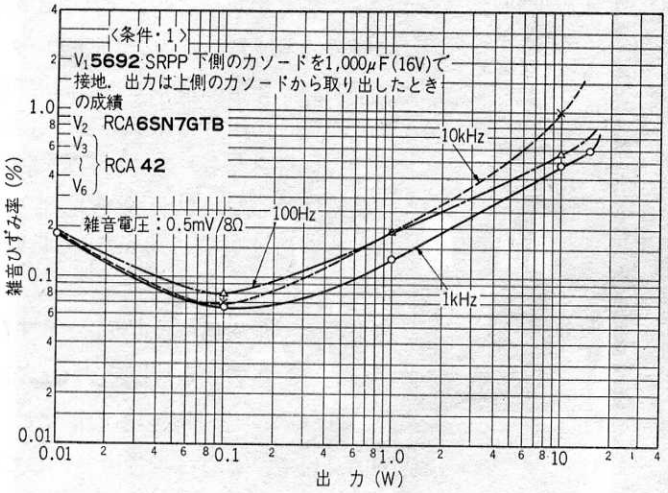
よって出力インピーダンスZoは

$$Z_o = \frac{\mu \cdot e_s / 2}{\frac{\mu \cdot e_s}{(\mu+1)R_k + r_p}}$$

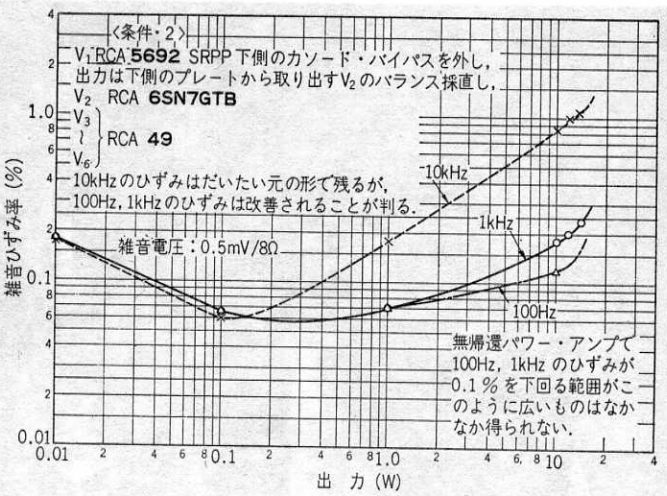
$$= \frac{1}{2} \{(\mu+1)R_k + r_p\} \quad \cdots\cdots (37)$$

以上のようにSRPPの出力電圧，増幅度，出力インピーダンスの一般的な解析が終った．

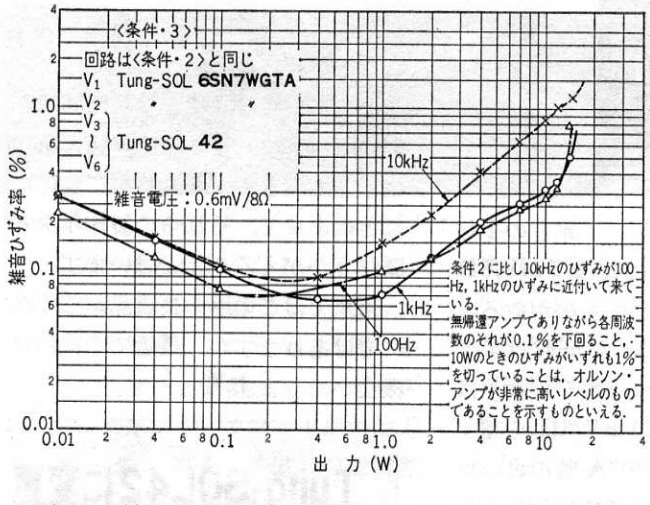
負荷抵抗RLをぶらさげないときの増幅度は，式(18)に示すようにA＝$\frac{\mu}{2}$となっているが，負荷抵抗を取付けたときの増幅度を示す式(33)においても$R_L = \infty$とすると，式(35)に示すようにその値は$\frac{\mu}{2}$になることが判る．

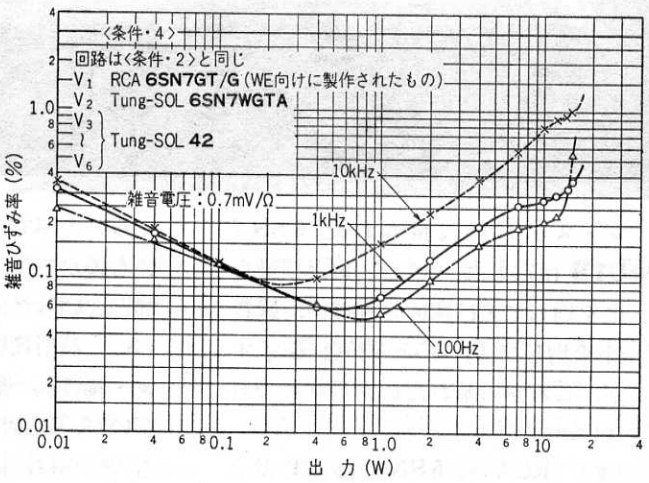


<第11図> V1 5692 SRPP 下側のKを 100μ で接地，出力は上側のカソードから取出した時の特性（条件①）



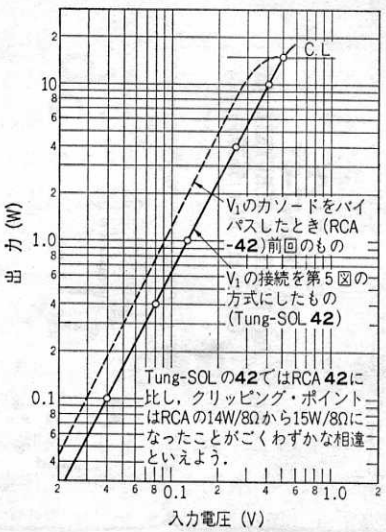
<第12図> V1 5692 SRPP 下側のCをはずし下側のプレートから出力を取り出した時の特性（条件②）





<第14図> V1 に RCA 6SN7GT を使用した時の特性（条件②）

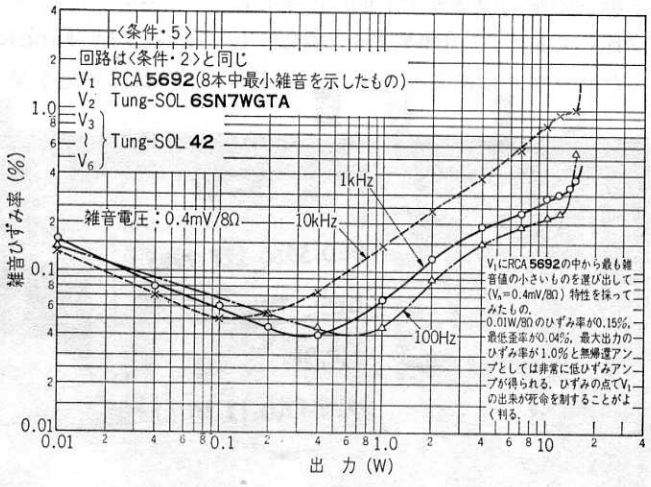
マの個々の性能の差も思ったようによくそろっていて，RCA の42同様，オルソン・アンプ用として，左右両チャネル向けの8本のタマはほとんど選別の必要がないくらいのできばえでした．この程度良くそろった製品が確実に入手し得るならば，8本の必要数に対して10本程の数を用意すれば十分と考えられます．出力管としては飛び抜けて品質が均一にできていることになります．



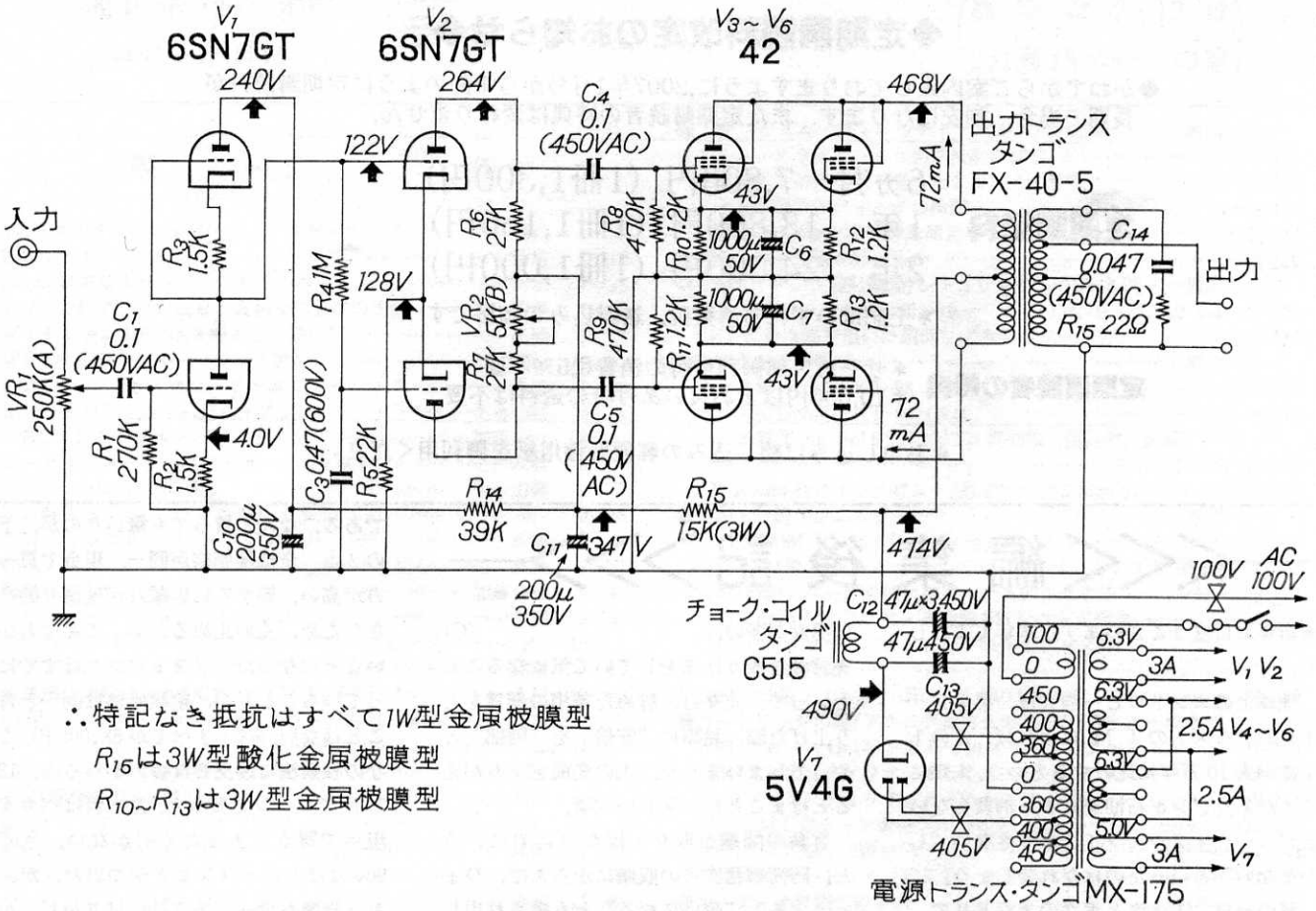
<第16図> 入出力特性

⬆ <第13図> V1 に TUNG-SOL 6SN7 WGTA を使用した時の特性（条件は②）

<第15図> ➡ V1 に8本の RCA 5692 の中から最小雑音のものを選出（条件は②）



近頃の **6L6GC** や **KT-88**，あるいは **6550** などではとてもこのようにはなりません．これらのタマは **6F6** や **42** に比して，高パービアンスで，確かに電極の寸法精度を上げることが困難だとは考えられますが，それにしても品質管理法が30年以前に比し格段に進ん



∴特記なき抵抗はすべて1W型金属被膜型
R_{15}は3W型酸化金属被膜型
R_{10}～R_{13}は3W型金属被膜型

＜第17図＞ **TUNG-SOL 42 用に変更したオルソン・アンプ全回路図**

だ今日，製作されているタマの品質のバラツキはこれらの**6F6**や**42**に比してはるかに大きい事実はちょっと納得できないものがあります．

Tung-SOL の**42**にしたとき，RCA の**42**に比し測定上の差異はまずないといってもよく，このオルソン型アンプの性能を測定上の数値で決定するものは，やはり初段管のできによる雑音であることははっきりしています．

ラインに入れて実際の音を出しての印象は，出力管が RCA であれ，Tung-SOL であれ聴き分けることはできませんし，また雑音が 0.5 mV/8Ω のものも 1.0 mV/8Ω のものも実用上はほとんど差もないといえますから，測定器のそろっていない方々がこしらえるのにはまことに打ってつけのアンプといえると思います．負帰還がまったくかかっていないアンプですから，テスター一丁でもそれ相当な仕上げを行なえるわけです．V_1 の雑音の管理は実際にスピーカに継いで，耳で確めながらタマを選別して行くことです．

RCA 製**42**と Tung-SOL 製**42**のそれぞれにつき，とくに V_1 **6SN7** のできによる雑音の大小によって，ひずみの出方がどのように異なってくるかということについて，その実測値を**第11図**から**第15図**に示しておきました，同一のアンプでもとくに初段管の選別によって，測定上の差が容易に出てくることがお判りになったと思います．

なお，V_1 の SRPP のやり方を変えたことによって，入力対出力特性図は**第16図**に示しますが，周波数特性，DF は以前のものと差はありません．

オルソン・アンプのきわだった特徴の１つに，**6F6(42)**を定格を相当にこえた使用法で動作せしめているということを初めに申しましたが，試作完了以来，約２カ月間ラインに入れてほとんど毎日試聴を重ねていますが，非常に安定した動作を続けています．スピーカからのハム雑音は皆無で，クリック・ノイズなどもまったくありません．したがって，オルソン型アンプの寿命と安定性は，やはり一にかかって出力管の品質によることになりますが，今度使用できたような高品質の**6F6**系のタマの入手が今後もできるかどうか，ということが，このオルソン型アンプの存在価値に関係することになろうかと考えられます．良い真空管の入手が，今後とも続けられることを願って止まない次第です．タマの寿命を心配のあまり，安全を思って，**6F6(42)**のプレート電圧を下げて，このアンプを計画したのではおそらくこのような高性能は発揮することはできず，またそれではオルソン型アンプと名乗ることもはばかられましょう．

回路を初段管部分で報告したように，変更しましたので，参考までに全回路図を**第17図**に示しておきます．

３回にわたってオルソン型アンプにつき，あれこれ考えながら試作を行い，いろいろなメーカーによるタマを挿し換えれ実験を重ねた結果と，このアンプについて思ったことを以上報告した次第です．　（以上）

注 1)　電波科学 '66 年 6 月号